نشریه علمی پژوهشی مهندسی فناوری اطلاعات مکانی

سال پنجم، شماره چهارم، زمستان ۱۳۹۶

Vol.5, No.4, Winter 2018

۱ -۲۱

الگوریتم پیشنهادی برای مدل‌سازی آثار باستانی و میراث فرهنگی با استفاده از فتوگرامتری رقومی برد کوتاه

سید یوسف سجادی [1*]

۱- استادیار دانشکده نقشه‌برداری دانشگاه تفرش

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۶/۰۵/۰۱ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۶/۱۰/۱۰

چکیده

در کاربردهای مهندسی در شاخه‌های مختلف مانند نقشه‌برداری، عمران و همچنین در زمینه‌های باستان‌شناسی و معماری نیاز به در اختیار داشتن اطلاعات مکانی دقیق در مورد اهداف مطالعاتی و اجرایی وجود دارد. با به‌کارگیری تکنیک های فتوگرامتری رقومی برد کوتاه می‌توان اطلاعات مکانی دقیقی را جهت استفاده در کاربرهای مختلف تولید نمود. این تکنیک‌ها در عین انعطاف پذیری قابل توجه، توانایی تولید اطلاعات مکانی با دقت‌های قابل قبولی در حدود ۴ میلی‌متر را دارند. با توجه به رقومی بودن روش‌ها و خروجی‌های تولید شده، می‌توان در فرم‌های مختلف به‌صورت مدل‌های سه‌بعدی، فایل‌های به فرمت نرم‌افزار اتوکد و حتی فایل‌های تصویری از این خروجی‌ها استفاده کرد. در سامانه‌های اطلاعات مکانی داده‌های مکانی از منابع مختلف و به فرمت‌های متنوع ازجمله فرم‌های تصویری دریافت می‌گردد. یک محیط مبتنی بر سامانه اطلاعات مکانی با قابلیت نمایش تصاویر دقیق و قابل اندازه‌گیری برای استفاده در کاربردهای باستان شناسی و معماری خصوصاً در مورد ساختمان های تاریخی و باستانی بسیار مناسب است. این مجموعه سیستم اطلاعات معماری/ باستان‌شناسی (*A/AIS*) نام‌گذاری شده است. ساختار این سیستم و دستورالعمل‌های تدوین‌شده در پروژه مدل‌سازی تندیس یادبود هانتر در دانشگاه گلاسکو کشور انگلستان اجرایی شده و موردبررسی قرار گرفته است.

کلید واژه‌ها : مدل‌سازی سه‌بعدی، فتوگرامتری رقومی، سامانه اطلاعات مکانی، اتوکد، (A / AIS)

* نویسنده مکاتبه کننده: تفرش، ابتدای جاده تهران، دانشگاه تفرش، دانشکده مهندسی نقشه‌برداری، کد پستی ۳۹۵۱۸-۷۹۶۱۱

تلفن : ۰۸۶۳۶۲۴۱۲۹۰ - ۰۹۱۲۶۹۴۱۸۸۵

Email: sajjadi@tafreshu.ac.ir

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-13]

[DOI: 10.29252/jgit.5.4.1]

۱- مقدمه

مقاله حاضر، مطالعه و تحقیقی است برای امکان‌سنجی ایجاد یک سیستم اطلاعات باستان‌شناسی - معماری که به‌اختصار آن را (*A / AIS*[1]) می‌نامیم. این سیستم مبتنی بر تلفیق فتوگرامتری رقومی، طراحی به کمک کامپیوتر (*CAD*[2]) و سیستم اطلاعات مکانی (*GIS*[3]) است. در نگاه اولیه، تمرکز این سیستم بر روی ساختمان‌هایی است که از نظر معماری، هنر محسوب گشته و میراث فرهنگی می‌باشند. اما در نگاه ثانویه، باید دانست که اشیاء مختلف دنیای واقعی مانند اتومبیل، پل‌ها، انواع سازه‌ها، قطعات مکانیکی، اندام‌های انسان و بسیاری از اجسام دیگر نیز با توجه به فراگیر بودن سیستم پیشنهادی، می توانند مورد توصیف و تجزیه تحلیل واقع شوند. نویسنده بر اساس پژوهش‌های متعددی که انجام داده، معتقد است که علاوه بر مستندنگاری و مدل‌سازی اجسام و آثار باستانی، این سیستم قادر است ضمن تهیه مدل از اجسام، آن‌ها را پیشاپیش از خطراتی که در کمین آن‌ها می باشند، ولی هنوز مشهود نیستند مطلع کند. به‌عنوان نمونه اگر از این سیستم توسط پزشکان باتجربه استفاده شود، می‌توان با توجه به بررسی تغییراتی که در سلول‌های اندام‌های انسان رخ می‌دهد و با بهره‌گیری از یک سیستم هوشمند که به این تغییرات حساس است، از وجود بیماری (به‌خصوص انواع سرطان‌ها) مطلع شده و سپس از پیشرفت بیماری جلوگیری نمود. فراگیر بودن سیستم پیشنهادی در قالب "پژوهش بیشتر و تحقیقات پیشنهادی" در انتهای این مقاله موردبررسی قرارگرفته است. به‌طور کلی سیستم پیشنهادی (*A/AIS*) که الگوریتم آن در شکل (۱) نشان داده شده است، می‌تواند با بهره‌گیری از علم ژئوماتیک کمک های فراوانی به بشریت بنماید مشروط بر آنکه به دو هدف مشخص زیر، دست یابد؛

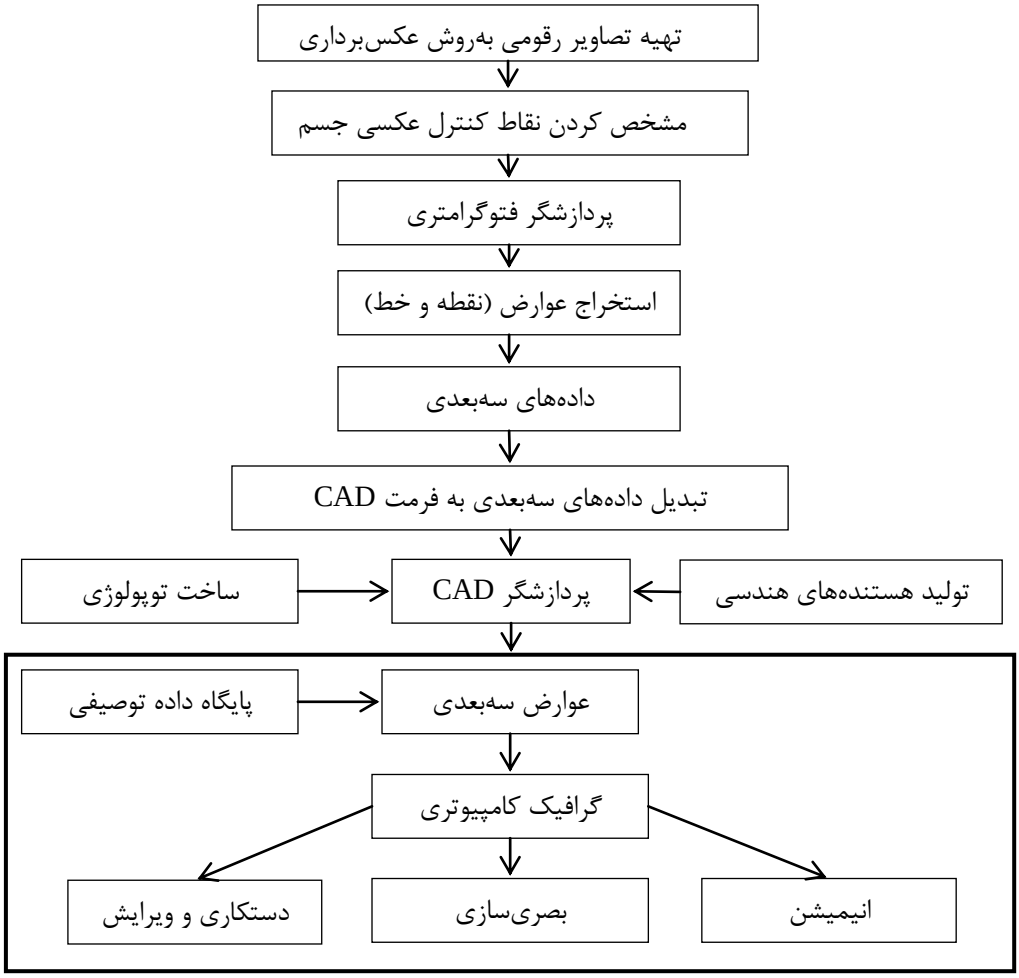
۱- ایجاد مدل‌های رقومی از اشیاء و اجسام باستانی و میراث فرهنگی که امکان تجزیه‌وتحلیل در محیط را داشته باشند؛
۲- تعیین محتوای داده‌های رقومی مورد نیاز برای این‌گونه مدل‌ها.

در این مقاله به ارائه تحقیق انجام‌شده در زمینه باستان‌شناسی و معماری می‌پردازیم. این روش در یک پروژه تحقیقاتی انجام‌شده است و در سال‌های اخیر مورد توجه محققین قرار گرفته است. در این روش راه‌حلی مبتنی بر تکنولوژی و با به‌کارگیری روش فتوگرامتری رقومی برد کوتاه، انجام عکس‌برداری زمینی برد کوتاه و استفاده از نرم‌افزار اتوکد است. این روش که یک سیستم ذخیره‌سازی اطلاعات خروجی فتوگرامتری در سامانه اطلاعات مکانی است، نیازمندی‌های حوزه "باستان‌شناسی" را برآورده می‌نماید.

یکی از مزایای سیستم پیشنهادی این است که می‌توان جزئیاتی از ابنیه‌ای مدل شده و قابل دسترسی برای اندازه‌گیری مستقیم (روش سنتی) نیست را سنجش و بررسی نمود. به‌بیان‌دیگر، این تکنیک قادر است محدودیت‌های موجود در مدل کردن اجسامی که قسمتی از آن‌ها قابل‌اندازه‌گیری مستقیم نیستند را برطرف سازد. این روش در پروژه نمونه انجام شده در مورد بنای یادبود هانتر[4] منجر به نتایج موفقیت‌آمیزی شده است.

[1] Archaeological and Architectural System
[2] Computer Aided Design
[3] Geospatial Information System
[4] Hunter Memorial

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-13]
[DOI: 10.29252/jgit.5.4.1]



شکل ۱: الگوریتم پیشنهادی برای سیستم باستان‌شناسی/ معماری (A/AIS)

۲- بررسی پروژه مدل‌سازی به‌کمک فتوگرامتری رقومی

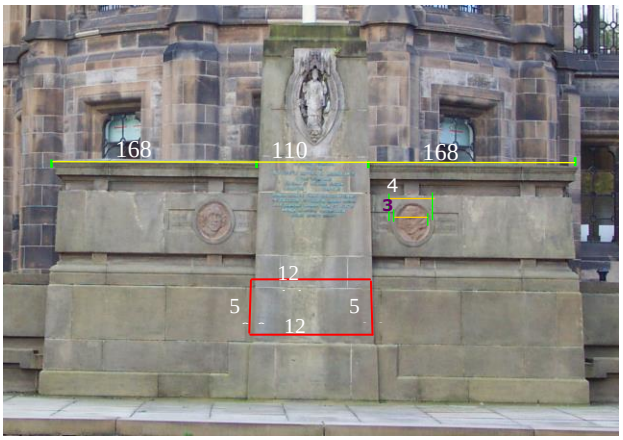
تصاویر عکس‌برداری شده با دوربین‌های رقومی، با تکنیک فتوگرامتری و پس از اعمال تصحیحات لازم، تبدیل به مدل سه‌بعدی می‌شود. با لحاظ کردن مقیاس، می‌توان تمام اجزاء ابنیه واقعی را از مدل تشکیل‌شده استخراج کرده و سپس اطلاعات به‌دست‌آمده را در فضای اتوکد وارد نموده و به اهداف مورد نظر رسید. همچنین مدل تولید شده درمواقعی که ابنیه باستانی بر اثر آتش‌سوزی، زلزله و سایر حوادث طبیعی و غیرطبیعی آسیب جدی ببینند، می‌تواند مبنای احیای آثار باستانی قرار گیرد. یکی از مزایای بدیل و غیرقابل مقایسه این تکنیک مدرن نسبت به روش‌های جاری این است که می‌توان مدل‌های تهیه‌شده از یک بنا در زمانه‌ای گوناگون را به‌کمک یک سیستم هوشمند مقایسه نموده و از حادثه‌ی که در شرف تکوین بوده و با چشم معمولی قابل‌رؤیت نیست ولی می‌رود تا موجبات آسیب‌رسانی بنا را فراهم کند مطلع شده، چاره‌جوئی کرد. از این تکنیک برای مستندنگاری میراث فرهنگی و آثار باستانی نیز استفاده می‌شود.

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-13]
[DOI: 10.29252/jgit.5.4.1]

مدل‌سازی موفق یک اثر باستانی زمانی انجام می‌شود که امکان بازسازی شیء با استفاده از مدل وجود داشته باشد. استفاده از روش فتوگرامتری رقومی منجر به تولید مدلی می‌شود که در آن ویژگی‌های هندسی و تصویری (بافتی) ساختمان قابل بازیابی است. اطلاعات مرتبط شامل اطلاعات توصیفی عارضه با ایجاد ابرپیوند[1] قابل اتصال به مدل تولید شده است.

در سیستم‌های کد (CAD[2]) نظیر اتوکد، امکان ترسیم و تولید مدل‌های سه‌بعدی در عین به‌کارگیری ساده وجود دارد و از این قابلیت می‌توان برای مدل‌سازی سه‌بعدی عوارض نیز استفاده کرد. این در حالی است که در سامانه‌های اطلاعات مکانی، به‌طورمعمول، اطلاعات مکانی به‌صورت دوبعدی ذخیره می‌شوند. [۷]. اتوکد برای مقاصد معماری و باستان‌شناسی از دسترسی مستقیم به پایگاه داده پشتیبانی می‌کند. عناصر پایگاه داده می‌توانند با داده‌های گرافیکی مثل تصاویر رستری و اطلاعات متنی ترکیب شوند. خروجی نقاط رقومی می‌تواند به‌طور مستقیم در اتوکد وارد شود. با استفاده از فتوگرامتری رقومی برد کوتاه می‌توان ویژگی‌های معماری عارضه را مدل‌سازی کرد، این در حالی است که دیگر روش‌های مدل‌سازی اثر معماری، نیاز به‌اندازه، شکل و مکان ویژگی‌های ازدست‌رفته آن دارد.

تحقیق انجام‌شده شامل ایجاد یک مدل قابل پردازش به‌وسیله اتوکد از بنای یادبود هانتر (شکل (۲)) واقع در ورودی درب دانشگاه گلاسکو است. این مجسمه در سال ۱۹۲۵ میلادی توسط G. H. Paulin (مجسمه‌ساز) با همکاری J. J. Burnet (معمار) بنا گردیده است. با استفاده از فتوگرامتری رقومی، بازسازی عناصر معماری در کامپیوتر و ذخیره سایر مشخصات مجسمه یادبود مذکور مقدور می‌گردد. همچنین برای ایجاد یک مدل دقیق برخی از اندازه‌گیری‌ها با متر نواری از اجزای این بنا مورد نیاز است (نقشه‌برداری زمینی، بخش مهمی از هر پروژه از این نوع است). دقت به‌دست‌آمده با در نظر گرفتن دیگر فاصله‌های از ابعاد اثر، به‌طور قابل‌توجهی با دقت مورد انتظار مطابقت دارد (پیشنهاد ۰/۴ سانتیمتر برای جذر میانگین مربع خطا می‌باشد، ولی مقدار به‌دست‌آمده ۰/۲۸ سانتیمتر است). شکل (۲) نیمرخ شمالی از یادبود هانتر را نشان می‌دهد که چند اندازه‌گیری با متر انوار به دلیل ذکرشده به این شکل افزوده‌شده است. مدال پرتره از برادران هانتر را می‌توان در نمای شمالی این بنای یادبود مشاهده کرد. ویلیام و جان هانتر نام خود را به‌عنوان آناتومیست ثبت کرده‌اند [۶].



شکل ۲: نمای شمالی از مجسمه یادبود هانتر با مقیاس ۱:۵۰

۲-۱- جمع‌آوری اطلاعات

در این پژوهش، برای به دست آوردن تصاویر با اطلاعات رقومی، از یک دوربین کداک (دی - سی ۴۸۰۰) استفاده‌شده است. دوربین کداک (دی - سی ۴۸۰۰) یک دوربین گران‌قیمت نیست، اما استفاده از این دوربین می‌تواند رزولوشن‌های مختلفی را برای تصاویر دیجیتالی ممکن سازد. شکل (۳) یک دوربین کداک (دی - سی ۴۸۰۰) را نشان می‌دهد. مشخصات این دوربین به‌شرح زیر است:

۱- رزولوشن ۳/۳ مگاپیکسلی با CCD برابر ۱۴۴۰× ۲۱۶۰ پیکسل

[1] Hyperlink
[2] Computer Aided Design

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-13]
[DOI: 10.29252/jgit.5.4.1]

۲- صفحه‌نمایش ۱/۸ اینچی LCD و منظره یاب تصویر واقعی
۳- زوم ۳ برابر، لنز ۶/۸ تا ۱۸ میلی‌متر (معادل۲۸ تا ۸۴ میلی‌متر بر روی دوربین ۳۵ میلی‌متری)
۴- زوم دو برابری دیجیتالی با سرعت شاتر از ۱۶ تا یک هزارم ثانیه
۵- گزینه‌های دیافراگم‌های f / 2.8 ، f / 5.6 و f / 8
۶- گرفتن عکس با فرمت جی پی جی[1] و فرمت‌های فایل تیف[2] بدون فشردگی



شکل ۳: دوربین دیجیتالی کداک (دی - سی ۴۸۰۰) را نشان می‌دهد

در این پروژه، فتوگرامتری رقومی برد کوتاه با هدف تولید مدل‌های سه‌بعدی مورد نیاز در مستندنگاری و طراحی کامپیوتری در یک سیستم (A / AIS) به‌کار گرفته‌شده است. همچنین از عکس‌برداری برای مستندنگاری از رویه‌های بنای یادبود استفاده شد تا معماران را به‌درستی برای شناسایی نیازهای حفاظت از بنای یاد شده هدایت کند. این کار با عکس‌برداری با مقیاس تقریبی ۵۰ :۱ برای تمام ویژگی‌های مورد نظر معماری و به‌صورت یکپارچه از تمام سنگ یادبود، مدال پرتره، ستون‌ها، کتیبه‌ها، نوشته‌ها و غیره ازجمله آسیب قابل‌مشاهده روی یادبود، انجام شد. به‌عنوان‌مثال سنگ‌های ترک‌خورده و اشباع ملات بخشی از این آسیب‌ها هستند. عکاسی به‌وسیله دوربین یادشده که در اطراف شیء مورد نظر مستقر شده بود، انجام شد.

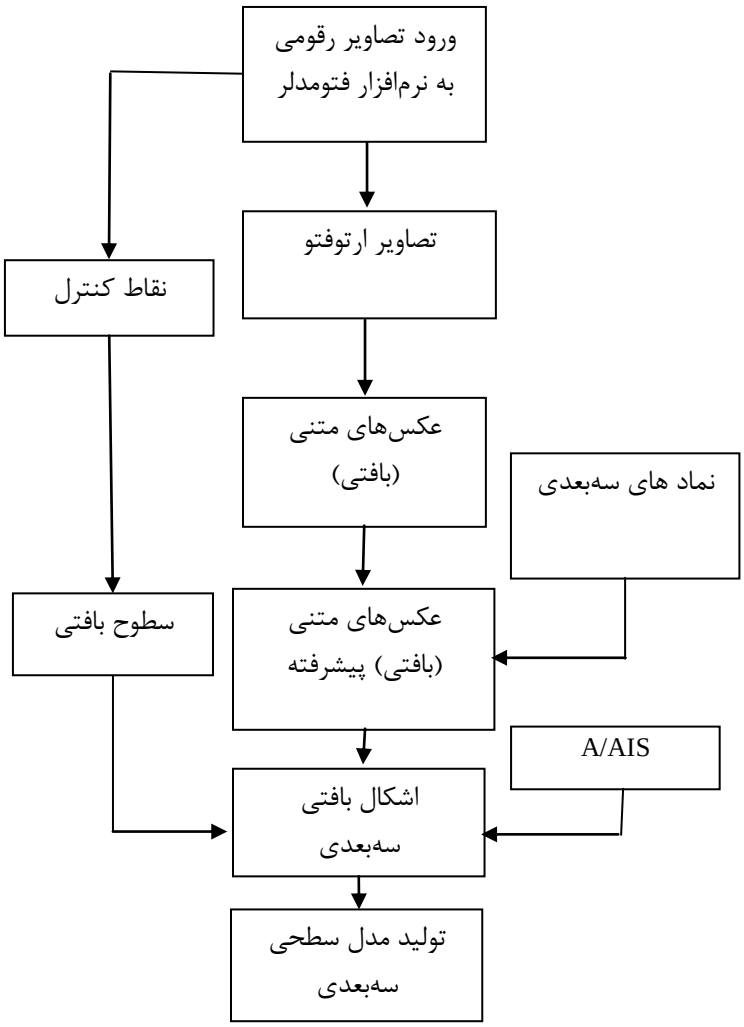
با توجه به تصاویر رقومی متعددی که از قسمت‌های مختلف شیء مورد نظر برداشت‌شده، تمام نقاط و ویژگی‌های شیء در دو یا چند عکس قابل‌مشاهده هستند. به همین دلیل موقعیت عکس‌برداری باید مورد توجه قرار گیرد و قبل از انجام عکس‌برداری، باید عکاسی و اندازه‌گیری‌ها را برنامه‌ریزی کرد. تعداد ۹ عکس دیجیتالی از پروژه یادبود هانتر اخذ و ذخیره شد. این تعداد نسبتاً کم تقریباً تمام ویژگی‌های معماری را که متقارن است، می‌پوشاند. تمام عکس‌ها با دست (بدون استفاده از سه‌پایه) گرفته‌شدند، اما محورهای دوربین تقریباً افقی و عمود بر روی بنای یادبود در همه جهات بود، مگر زمانی که عکس‌ها از منظر بالا و از درون پنجره ساختمان مجاور، از بنای یادبود، گرفته شد.

۲-۲- ورود اطلاعات

مدل‌سازی مجسمه یادبود هانتر با استفاده از برنامه فتومدلر انجام شد. داده‌های خروجی مدل‌سازی از نرم‌افزار فتومدلر در نرم‌افزار اتوکد واردشده و پردازش‌های تکمیلی بر روی آن صورت پذیرفت این داده‌ها درنهایت برای ایجاد سیستم *(A / AIS)* مورداستفاده قرار گرفت. این روش به‌طور تعاملی، پایه و مبنای هندسی الگوریتم *(A / AIS)* را ایجاد می‌کند. شکل (۴) الگوریتم توسعه *(A / AIS)* برای تولید مدل سطحی سه بعدی به‌کمک نرم‌افزارهای اتوکد و فتومدلر را نشان می‌دهد. لازم به ذکر است که بسیاری از اشیاء که جنبه میراث فرهنگی دارند متقارن هستند و می‌توان روشی که برای یک‌نیمه به‌کار برده می‌شود، را برای بازسازی نیمه دیگر به‌کار برد. برای مثال؛ از انتهای قسمت غربی یک ساختمان، بخشی را انتخاب و با استفاده از سیستم‌هایی که اتوکد را پشتیبانی می‌کنند (به روش معکوس جانبی) بخش انتخابی را به انتهای قسمت شرقی همان ساختمان کپی نمود.

[1] JPG
[2] TIFF

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-13]
[DOI: 10.29252/jgit.5.4.1]



شکل ۴ : الگوریتم توسعه (A / AIS) برای تولید مدل سطحی سه‌بعدی به‌کمک نرم‌افزارهای اتوکد و فتومدلر را نشان می‌دهد

۲-۳- پردازش اطلاعات و تصاویر

در گذشته نزدیک، اندازه‌گیری دستی و سنتی برای چاپ عکس‌های اخذشده روی سطح شفاف مورد استفاده قرار می‌گرفته است. پردازش سه‌بعدی عکس، با استفاده از روش‌های آنالوگ بسیار آهسته است و قابلیت استخراج اطلاعات کمی داشته و دارای کاربرد محدودی است که دوباره نمی‌توانند موردبررسی قرار گیرد. علاوه برآن، این روش بسیار وقت‌گیربوده و نیاز به حضور شخص متخصص دارد.

در انتقال از روش سنتی به سیستم‌های خودکار و کامپیوتری برای ایجاد مدل سه‌بعدی از سطوح اجسام که انسان کنترل‌کننده کیفیت و مدیریت ویرایش آن است، الزامات مدل‌سازی اشیاء زمینی با توجه به افزایش استفاده از فرآیندهای خودکار به‌منظور مدل‌سازی سطحی قابل اندازه‌گیری، به ابزارهایی برای تعیین خواص غیر هندسی (توصیفی) اشاره دارد که به‌عنوان‌مثال، گرافیک و پردازش‌های کامپیوتری را می‌توان نام برد. گرافیک کامپیوتری قادر است تا تصاویر را از توصیف‌های مدل و بصری‌سازی کامپیوتری با فرایند معکوس محاسبه می‌کند (مدل‌سازی شیء از تصاویر). به‌عنوان‌مثال، هنگام ارائه نتایج یک فرآیند فتوگرامتری و یا ارائه داده‌های مدل رقومی زمین،

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-13]
[DOI: 10.29252/jgit.5.4.1]

اگر این فرآیندها در نزدیکی نرم‌افزار در دسترس باشند، یک مدل کامپیوتری می‌تواند به‌سرعت تولید و اطمینان حاصل شود که داده‌های کافی جمع‌آوری‌شده است. پردازش تصاویر با برنامه فتومدلر به‌دست‌آمده است و ایجاد مدل‌های سه‌بعدی با اتصال نقاط سه‌بعدی، لبه‌ها، منحنی‌ها آغاز می‌شود. هشت مرحله در ایجاد یک مدل سه‌بعدی با این برنامه به‌شرح زیر وجود دارد:

- ایجاد یک گزارش از کالیبراسیون دوربین،
- برنامه‌ریزی کردن برای اندازه‌گیری‌های لازم از جسم مورد نظر،
- گرفتن عکس‌های کافی از تمام وجه‌های جسم مورد نظر،
- ورود عکس‌های گرفته‌شده به برنامه فتومدلر،
- علامت‌گذاری کردن اشکال مورد نظر روی عکس‌های گرفته‌شده (این اشکال بعداً نقاط سه‌بعدی؛ کنترل، گره‌ای و ویژه خواهند بود)،
- پیوند دادن نقاط سه‌بعدی متناظر در عکس‌های مختلف،
- پردازش داده‌ها،
- استخراج نقاط سه‌بعدی برای ورود به برنامه مدل‌سازی.

همان‌طور که توضیح داده شد، هر پردازش با کالیبراسیون دوربین شروع می‌شود. در پروژه مجسمه یادبود هانتر از یک کالیبراسیون تقریبی برای دوربین دیجیتالی کداک (دی – سی ۴۸۰۰) استفاده شد. بعد از کالیبراسیون دوربین، مکان‌های متناظر در هر عکس مشخص گردید. هنگامی‌که یک نقطه یا یک خط در چندین تصویر شناسایی می‌شود، باید اطمینان داشت که این دقیقاً همان نقطه یا خط است. در مستندسازی، یک فرایند به نام ارجاع[1] نقاط متناظر تصاویر همپوشان را مشخص می‌کند. فتومدلر از عکس‌های مشخص‌شده برای ایجاد مدل‌های سه‌بعدی با استفاده از یک فرایند تکراری تعاملی استفاده می‌کند که مکان نقاط و لبه‌ها را در فضای سه‌بعدی تعیین می‌کنند.

پس از مشخص کردن و علامت‌گذاری حداقل سه زوج نقطه (نقاط نظیر در تصاویر همپوشان) به‌وسیله مکان‌نما (کرسر) و به‌صورت دستی، سه‌نقطه، تولید شش معادله نموده و در نتیجه برای حل وضعیت دوربین[2] ، به‌اندازه کافی اطلاعات کسب‌شده و شناسایی مابقی نقاط به‌صورت خودکار انجام می‌شود. سپس تبدیل هر نقطه به فضای تصویر انجام می‌شود و نزدیک‌ترین هدف در تصویر به‌عنوان نقطه مربوطه انتخاب می‌شود. مقدار زمان پردازش بستگی به تعداد عکس‌ها و تعداد نقاط مشخص‌شده دارد. چهار عدد از بهترین عکس‌ها برای ایجاد مدل سه‌بعدی در این پروژه انتخاب‌شده است. طبق دستورالعمل نرم‌افزار فتومدلر، انتخاب بیش از چهار عکس جهت کسب نتیجه خوب در زمان معقول پیشنهاد نشده است [۴]. شکل (۵) چهار عکس انتخابی برای پردازش توسط نرم‌افزار فتومدلر در یک تنظیم را نشان می‌دهد.

یک روش برای حصول اطمینان از صحت یک پروژه، استفاده از "بررسی فاصله‌ها" می‌باشد. برای بررسی فاصله‌ها، مقادیر به‌دست‌آمده از اندازه‌گیری چندین فاصله به‌دست‌آمده از نرم‌افزار فتومدلر با یکدیگر مقایسه می‌شود. در این پروژه، از متر نواری برای اندازه‌گیری فاصله استفاده شد. نتایج "بررسی فاصله‌ها" در جدول (۱) آمده است. کیفیت و دقت اندازه‌گیری مقادیر x وy یا z به همان اندازه فاصله‌ها مربوط می‌شود. سپس فرض می‌کنیم که خطای متوسط ریشه در این جدول، دارای یک مقدار عددی به‌عنوان انحراف استاندارد است و خطای x، y و z یکسان است. مطابق تئوری خطاها (انتشار واریانس)، خطای مختصات استاندارد $\sigma x = \sigma y = \sigma z = 0.28cm$ را ارائه می‌دهدکه مطابق با دقت مورد نیاز ۴۱/. سانتیمتر است.

[1] Referencing

[2] Camera Orientation

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-13]

[DOI: 10.29252/jgit.5.4.1]



شکل ۵: چهار عکس انتخابی برای پردازش پروژه مجسمه یادبود هانتر

جدول ۱: بررسی فاصله‌ها را در پروژه یادبود هانتر

زمین (میلی‌متر)	مدل (میلی‌متر)	مغایرت (میلی‌متر)
۳۷۱۵	۳۷۰۸	۷
۱۴۱۵	۱۴۲۱	۶
۸۳۵	۸۳۱	۵
۹۳۵	۹۴۱	۶
۸۵۹	۸۶۵	۶
۵۱۸۵	۵۱۹۸	۱۳
خطای متوسط ریشه	-	**۷**
حداکثر اختلاف	-	**۱۳**

۴-۲ - دقت نتایج حاصله از پروژه یادبود هانتر

در نقشه‌های با مقیاس ۱:۵۰ مقدار جذر میانگین مربع خطاها[1] کمتر از ۱۰ میلی‌متر است که اکثر نقاط درج‌شده در جدول (۱) آن را به‌عنوان بررسی فاصله‌ها نشان می‌دهند.

[1] RMSE

۳- اهمیت گرافیک کامپیوتری در مدل‌سازی اجسام

گرافیک کامپیوتری برای مدل‌سازی اجسام، به سه جزء متفاوت نیاز دارد که عبارت‌اند از: داده‌ها، الگوریتم‌ها و ساختار. در مدل‌سازی دیجیتالی اجسام، تصاویر رقومی که به‌عنوان اطلاعات ورودی به‌کار می‌روند را می‌توان با دوربین‌های حساس (سنسور مبنا) یا دوربین‌های فیلم‌برداری دیجیتالی به‌دست آورد. پس از ورود اطلاعات رقومی، الگوریتم‌ها نشان‌می‌دهد که چگونه باید داده‌ها دستکاری شوند. برای مثال، برای ایجاد یک مدل سطحی سه‌بعدی رقومی از عکس‌های اخذشده از یک شیء باستانی، نرم‌افزاری مورد نیاز است که با استفاده از الگوریتم مجری قوانین فتوگرامتری، داده‌های سه‌بعدی را از مجموعه داده‌های ورودی دوبعدی تولید کند. برای دستیابی به این هدف باید فرایند از مقادیر تقریبی شروع گردیده و با تکرار عملیات به‌دقت مورد نظر رسید.

الگوریتم‌های مورد استفاده برای استخراج ویژگی، با مقادیر تقریبی آغاز شده و پردازش برای پیدا کردن

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-13]
[DOI: 10.29252/jgit.5.4.1]

موقعیت هر لبه (هر رأس به‌عنوان نقاط سه‌بعدی) با حداقل خطا تکرار می‌شود. مراحل پردازش اصلی استخراج به شرح زیر است:

۱- موقعیت تقریبی ویژگی،
۲- تشخیص لبه و مرزهای ویژگی خطی
۳- خط راست برای مرزهای ویژگی خطی،
۴- محاسبات ریاضی لبه‌های ویژگی.

شکل (۶) فرایند یک الگوریتم استخراج ویژگی و نهایتاً مدل سطحی سه‌بعدی را نشان می‌دهد. همان‌طوری‌که ملاحظه می‌شود، ورود داده‌ها شامل تصاویر رقومی و نقاط کنترل زمینی، مرزهای ویژگی و سایر داده‌های تصاویر است. خروجی داده‌ها شامل یک مدل سطحی سه‌بعدی رقومی و همچنین فایل‌های دیگر مانند اورتوفتوها و فایل‌های داده‌های ویژگی می‌باشد. این خروجی را می‌توان برای سایر بازنمایی، مانند نمایش مدل درختی هشت‌تایی[1] ، که بعداً مورد بحث قرار می‌گیرد، استفاده نمود.

۴ - ملاحظات ریاضی در ساختار و نمایش اجسام سه‌بعدی

همان‌طوری‌که در بخش پیشین ذکر شد، سومین جزء از گرافیک کامپیوتری ساختار کنترل داده‌ها می‌باشد. دو روش برای اجرای ساخت داده‌های سه‌بعدی در سیستم‌های اطلاعات مکانی وجود دارد که عبارت اند از؛ برداری[2] و رستری[3] برای اجسام غیر فضایی، وکسل[4] برای اجسام فضایی (سه بعدی). چندین روش برای ساخت داده‌های غیر فضایی وجود دارد. ساختارهای سلسله مراتبی[5]، شبکه و ارتباطات را می‌توان به‌عنوان روش های ساختاری محبوب برای داده‌های غیر فضایی معرفی نمود. روش سلسله مراتبی و شبکه دسترسی آسان و سریع به داده‌ها را فراهم می‌کند. در این پروژه، ساختار رابطه‌ای در نظر گرفته شده است. در ادامه پیاده‌سازی برخی از ساختار داده‌ها را بررسی می‌کنیم.

الف – ساختارهای مرتبط با لیست[6]:

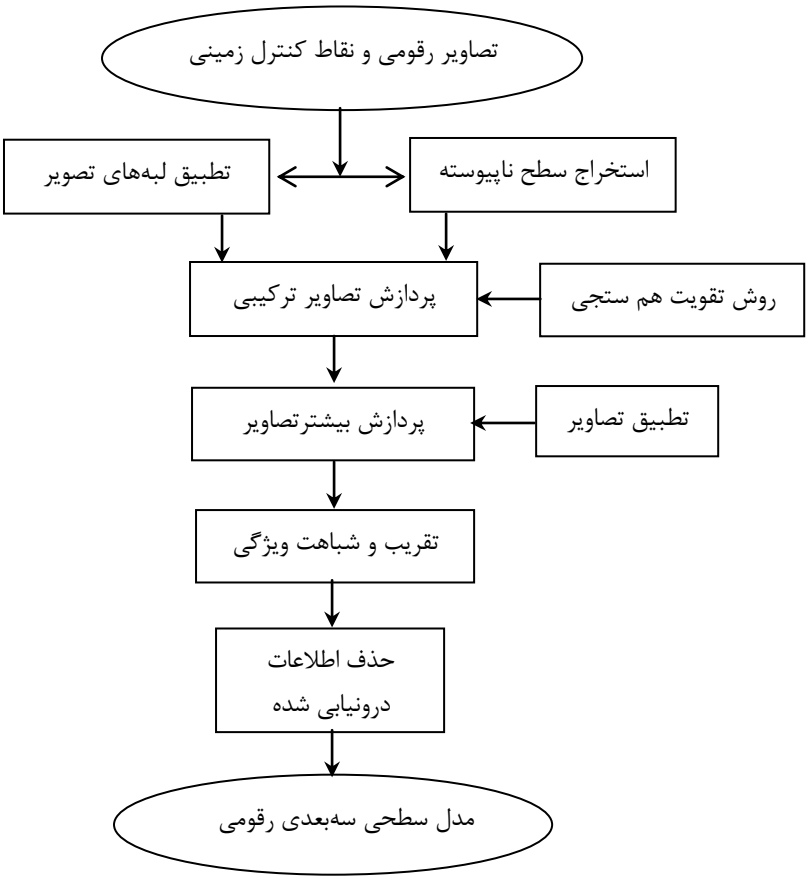
ساختار داده‌های مرتبط با لیست، از ایجاد یک اشاره‌گر[7] شیئی به اشیاء دیگر شکل می‌گیرد. این اشاره گرها، اشیاء جداگانه را به یک ساختار داده تک پیوند می‌دهند. دو نوع لیست پیوندی وجود دارد: لیست پیوندی مرتبط و لیست دو طرفه. یک لیست مرتبط به‌طور خاص شامل یک پیوند به داده بعدی است، اما یک لیست مرتبط دوجانبه حاوی ارتباط به هر دو داده بعدی و قبلی در لیست است [۸].

لیست پیوندی مرتبط دارای محدودیت‌های زیادی است، اما در یک لیست دو طرفه، هر داده یا گره[8] به هر دو گره فرزند[9] یا برگ گره‌ها[10] و گره‌های والدین[11] اشاره می‌کند. با استفاده از لیست‌های مرتبط دوگانه، جستجوی هر دو به جلو و عقب آسان‌تر می‌شود. برای هر داده، اشاره‌گر به یک جد[12] و به یک فرزند[13] وجود دارد. شکل(۷) یک الگوریتم مرتبط دوجانبه با سه داده یا گره را نمایش می‌دهد.

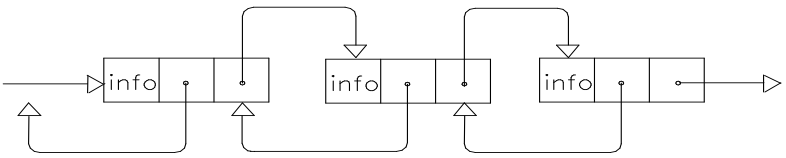
[1] Octal Tree = Octree
[2] Vector
[3] Picxel
[4] Voxel
[5] Hierarchical

[6] Linked List Structures
[7] Pointer
[8] Node
[9] Child node
[10] Leaf node
[11] Parent node
[12] Predecessor
[13] Successor

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-13]
[DOI: 10.29252/jgit.5.4.1]



شکل ۶: الگوریتم استخراج ویژگی و تهیه مدل رویه‌ای سه‌بعدی



شکل ۷: یک الگوریتم مرتبط دوجانبه

توضیح: خانه اول اطلاعات، **خانه دوم** اشاره‌گر به گره عقب، **خانه سوم** اشاره‌گر به گره جلو است.

ب – ساختار داده‌های درخت[1]: از انواع دیگر ساختارها، درختان ساختارهای داده‌ها هستند که در سیستم گرافیک کامپیوتری بسیار کاربرد دارند. در این نوع ساختار، یک درخت مجموعه‌ای از گره‌هایی است که هر گره می‌تواند به بیش از یک عنصر دیگر اشاره کند. تفاوت ساختارهای داده‌های آرایه‌ها و لیست‌های پیوندی مرتبط با درختان ساختارهای داده‌ها در این است که ساختار لیست‌های پیوندی در طبیعت خطی هستند، اما درختان ساختارهای داده‌ها غیرخطی بودن و برای نشان دادن داده‌ها دارای یک رابطه سلسله مراتبی می‌باشند. باید توجه داشت که سازه‌های داده مانند لیست‌های پیوندی مرتبط دارای دسترسی پیوسته هستند که برای رسیدن به یک گره هدف لازم است که از همه گره ها عبور کنند. در نتیجه،

[1] Tree Data Structures

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-13]
[DOI: 10.29252/jgit.5.4.1]

برای رسیدن به یک گره که در انتهای یک لیست یا در نزدیکی یک درخت قرار دارد، باید از طریق گره‌های بیشتر از مورد نیاز عبور کرد. این به این دلیل است که دقتی به یک گره خاص در یک لیست پیوندی دسترسی پیدا می‌کنیم، به‌طور متوسط نیاز است که حدود نیمی از لیست را طی کرد. مثلاً اگر تعداد گره‌ها N باشد، باید $N / 2$ یعنی نصف گره‌ها را مشاهده نمود. اما با یک درخت، در هر مرحله تعداد بیشتری از گره‌ها حذف می‌شود. زیرا که انتخاب یک گره در یک سطح، موجب حذف تمام گره‌های دیگر که در همان سطح قرار دارند شده و در نتیجه صرفاً به اندازه $logN$ گره برای رسیدن به یک گره خاص پیموده می‌شود.

برای نمایش ساختارهای داده‌ها می‌توان از ساختار درخت دوتایی[1]، ساختار هندسی جامد[2] و ساختار درخت هشت‌تایی[3] نام برد.

ج - نمایش ساختار داده‌های درخت دوتایی[4]

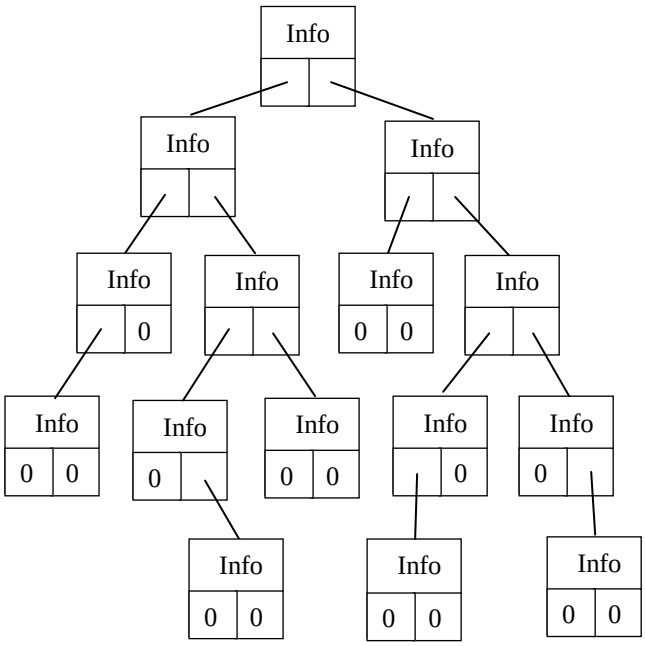
در نمایش یک درخت دوتایی است که در آن هر گره می‌تواند به حداکثر دو گره دیگر اشاره کند، هر عنصر شامل اطلاعات همراه با یک لینک به اعضای سمت چپ (اول) و یک لینک به سمت راست (دوم) است. هر شاخه با گره شروع می‌شود و هر گره شاخه‌های متعددی از آن جدا می‌شود. در این ساختار ریشه اولین عنصر است. گره های هر شاخه، از ریشه و شاخه های دیگر رشد می‌کنند. شاخه های وابسته به شاخه های دیگر، زیر شاخه های درختی نامیده می‌شوند. در یک ساختار داده‌های درخت دوتایی، هر گره به دو زیر درخت وصل است که حداکثر می‌تواند تا دو فرزند داشته باشد. گره بدون زیرشاخه، گره برگ یا گره پایانی نامیده می‌شود. ساختارهای داده های درخت دوتایی به‌طور گسترده‌ای در برنامه‌های کاربردی مدل‌سازی هندسی استفاده می‌شود. شکل (۸) یک نمایش ساختار داده‌های درخت دوتایی است.

د- نمایش ساختار داده‌های درخت سازنده هندسی جامد[5]

یک شیء سه‌بعدی که ترکیبی از حجم‌های اولیه (نظیر؛ مکعب، بلوک، مخروط، سیلندر، کره و غیره)، از درخت سازنده هندسی جامد (*CSG*) استفاده می‌کند. توسعه بیشتر این روش به عنوان یک درخت در این بخش بحث شده است. روش یادشده یک درخت ساختار داده است که به‌طور گسترده‌ای برای نمایش اشیاء جامد استفاده می‌شود. یک دیدگاه نشان دهنده آن است که اشیاء شامل قسمت جامد و فضای خالی است. یک روش برای توصیف و مدل کردن اشیاء، استفاده از هندسه ساختاری جامد است. اشیاء پیچیده که شکل هندسی ندارند باید به شکل ساده تر تجزیه شده و سپس با استفاده از مجموعه‌ای عملیات به‌صورت دقیق ساخته و مدل خواهند شد. هندسه این دیدگاه را می‌توان به عنوان یک درخت هندسه جامد با اشیاء اولیه در برگ ها (گره های نهائی) تعریف کرد و عملیات را در گره‌ها تنظیم کرد.

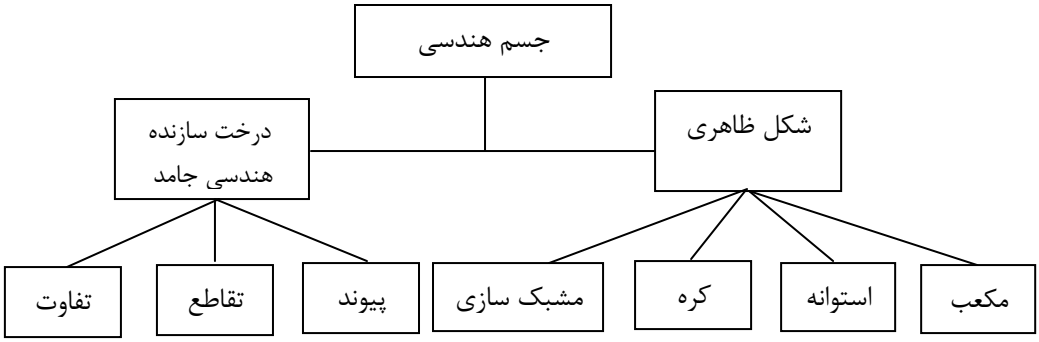
[1] Binary Tree = Bintree
[2] Constractive Solid Geometry = CSG
[3] Octal Tree = Octree
[4] Bintree Representation
[5] CSG Tree Representation

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-13]
[DOI: 10.29252/jgit.5.4.1]



شکل ۸: نمایش ساختار داده‌های درخت دوتایی را نشان می‌دهد

برای مدل‌سازی یک شیء پیچیده، ساختار داده‌های درخت سازنده هندسی جامد یک روش پذیرفته شده در مدل سازی سه بعدی است. اما این روش نمی‌تواند یک انتقال نرم و ملایم بین اجزاء مختلف را که در حال ساختن شیء است، به‌دست آورد. برای داشتن یک شیء واقعی سه‌بعدی، پیوستن اجزاء ابتدایی که شکل منظم هندسی نیاز به انجام مراحل پیوسته و هموار دارد. این موضوع با تعریف یک سطح ضمنی به معادله $f(x, y, z)$ حل می‌شود. معادلات ضمنی مختلف وجود دارند که با توابع ضمنی خاص می‌توانند فرم ها و شکل های خاصی تولید کنند. این مهم است بدانیم کدام عناصری که با هم ترکیب می‌شوند، مدل های مبهم جدا شده هستند. شکل (۹) ساختار داده‌های درخت سازنده هندسی جامد است.



شکل ۹: ساختار داده‌های درخت سازنده هندسی جامد

هـ - نمایش ساختار داده‌های درخت هشت‌تایی[1]

یکی از روش های متداول برای مدل کردن دنیای واقعی و اجسامی که فضا را اشغال می‌کنند، نمایش ساختار داده‌های درخت هشت‌تایی[2] است. این فرایند، شایع‌ترین طریقه برای فضای سه‌بعدی تجزیه شده[3] از

[1] Octree Representation

[2] Octree
[3] Decomposition

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-13]
[DOI: 10.29252/jgit.5.4.1]

سلسله مراتبی[1] یک شیء است که یک مکعب محدود با عنوان "جهان هستی"[2] را با فرایند تقسیم مجدد[3] کد می‌کند درست می‌شود. این "جهان هستی" به تدریج به هشت مکعب با اندازه برابر تقسیم می‌شود که "اکتان" نام دارد. بنابراین، "درخت هشت تایی" یک نام مناسب برای نمایندگی این درخت است.

در این رویکرد، هر گره یک بخش مکعبی[4] جهان هستی را نشان می‌دهد و شامل ویژگی مربوط به آن مکعب است. ریشه[5] این درخت نشان دهنده کل فضا، و خود یک گره خاکستری است. گره‌های برگ که گره‌های پایانی هستند، شامل مکعب‌های واحد با همان ارزش هستند. گره‌های برگ شامل اجزاء اولیه مانند لبه‌ها و چندضلعی‌ها نیستند، اما مکعب‌ها با همان دقت تقریب می‌کنند. اگر هر یک از گره‌های حاصل، همگن[6] باشد، به این معنی است که فرآیند تقسیم بندی به پایان رسیده است (گره برگ یعنی گره پایانی حاصل شده است). گره پایانی به‌طور کامل در داخل یا خارج از شیء قرار می‌گیرد. گره‌هایی که کاملاً خارج از جسم هستند، گره‌های خالی نامیده می‌شوند درحالی‌که گره‌هایی که به‌طور کامل خالی و یا پر هستند داخل شیء هستند. از سوی دیگر، اگر گره ناهمگن[7] باشد، آن گره دو مرتبه به هشت گره (سلول) دیگر تقسیم می‌شود که همگن هستند. گره‌های غیر پایانی (گره های خاکستری) که ناهمگن یا نیمه کامل هستند باید به هشت مکعب دیگر تقسیم شوند تا گره‌های خالی یا گره‌های پر و کامل (با دقت مورد نظر) به‌دست‌آمده و عمل سلسله مراتبی پایان‌یافته و کلیه گره‌ها، گره برگ باشند.

[1] Hierarchical
[2] Universe
[3] Recursive method
[4] Cubical
[5] Root
[6] Homogenous
[7] Heterogeneous

۴-۲- بررسی الگوریتم‌های ریاضی در مدل‌سازی سه‌بعدی

دستگاه مختصات دکارتی سه‌بعدی به‌عنوان محل مناسب برای نمایش نقاط سه‌بعدی پیشنهاد شده است تا در فتوگرامتری موقعیت نقاط در فضا مشخص گردد. اغلب تبدیل بین مختصات با ریشه‌های مختلف، جهت‌ها و مقیاس مورد نیاز است. سیستم‌های سه‌بعدی مختصات دکارتی و مختصات همگن که در بخش‌های اشیاء فضایی سه‌بعدی در نظر گرفته می‌شوند. به‌ترتیب توصیف ریاضی منحنی‌ها و سطوح را به عهده‌دارند. برای این پروژه، و تجسم سه‌بعدی و استخراج یک شکل باید به‌طور کامل در یک سیستم اطلاعاتی مکانی ویرایش و توسعه یابد. اگر به نظر می‌رسد که شکل به‌طور واقعی در فضای سه‌بعدی قابل‌استفاده مجدد نباشد (به‌عنوان‌مثال؛ جسم نمی‌تواند چرخش شود و نقاط سه‌بعدی‌ای را نمی‌توان استخراج کرد)، معلوم است که الزامات مدل‌سازی سه‌بعدی ممکن نشده است. این بدان معنی است که نمی‌توان تجزیه‌وتحلیل شکل (مثلاً شیب، انحنای سطح، بافت سطح و ابعاد در همه جهات) امکان‌پذیر است. در نتیجه مسئولیت عامل (فتوگرامتریست) شناختن و حتی توضیح دادن و یا ارائه مشاوره در مورد نمادهای هندسی و روابط آن‌ها با اشکال سه‌بعدی است، به‌طوری‌که داده‌ها به‌اندازه کافی مناسب شوند.

۴-۳- معادلات ریاضی در مدل‌سازی اجسام

در حال حاضر، در مدل‌سازی از اجسام سه‌بعدی، منحنی‌های نورب[8] مختلف، شامل بی اسپیلاین همگن نسبی[9]، بی اسپیلان[10] و بزییر[11]، که دارای بسط طبیعی برای سطوح بوده و محبوب ترین منحنی هستند، به کار می‌روند. می‌دانیم که منحنی نورب شکل خاصی از

[8] NURBS
[9] Uniform Rational B-Spline
[10] B-Spline
[11] Bézier

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-13]
[DOI: 10.29252/jgit.5.4.1]

منحنی‌های بی اسپیلاین است و ازجمله عمومی‌ترین این منحنی‌ها است که به‌طور گسترده‌ای مورد استفاده قرار گرفته و تقریباً یک منحنی استاندارد برای امور صنعتی به شمار می‌رود. از نظر ریاضی، "غیریکنواخت" و "منطقی" بودن، یکی از خصوصیات بارز منحنی‌های مورد اشاره است.

برخی از تکنیک‌های درون‌یابی، سطح ارزش نقاط کنترل را تثبیت نمی‌کنند. در نتیجه، ویژگی‌های محلی ممکن است به شدت بر کل سطح جسم تأثیر گذارد بنابراین، از دو معادله بزییر و اسپیلاین به ترتیب از اولی برای نقاط کنترل و تعیین شکل سطح مدل می‌توان استفاده کرد، ولی رویکرد معادله دوم دارای قدرت کنترل شکل محلی است. مزیت استفاده از رویکرد بی اسپیلاین امکان کنترل درجه چندجمله‌ای از توابع ترکیبی، مستقل از تعداد نقاط کنترل است. منحنی بر اساس نسبت دو تابع غیرمنطقی، بی اسپیلاین را یک چندجمله ای منطقی قطعی به شکل بردار ارزشمند معرفی می‌کند. منحنی‌های نورب تحت ترجمه، چرخش، پوسته‌پوسته شدن و طرح‌بندی دارای چشم‌اندازی غیرقابل تغییر است.

۴-۴- تشکیل لایه‌ها در نرم‌افزار اتوکد

سیستم کد قادر به ارائه داده‌ها برای لایه‌های مختلف و برای نشان دادن المان‌های باستان‌شناسی و سطوح آسیب دیده اشیاء میراث فرهنگی می‌باشد. محتوای لایه‌ها و نمایه‌های آن‌ها (مانند رنگ‌ها، انواع خط‌ها و غیره) و عملکردهای بین لایه‌ها بستگی به برنامه‌های پیشنهادی داشته و سطوح مختلف شیء برای تحقیقات بیشتر در سیستم *(A / AIS)* بایگانی می‌شود

در این تحقیق، از نرم‌افزار کد مایکرو استیشن[1] استفاده گردید و در نتیجه مدل دقیق سطحی سه‌بعدی بخشی از ساختمان ساخته شد و با استفاده از مختصات سه‌بعدی حاصل از فتوگرامتری رقومی با برنامه‌ای بنام "سوسست- ست"[2] مراحل زیر موردبررسی قرار گرفته است:

۱) با گرافیک کامپیوتری سه‌بعدی، یک پنجره ایجاد کرده است،
۲) بافتی از تصاویر به‌دست‌آمده در سایت حاصل‌شده است،
۳) ردیابی و رندر کردن تصاویر انجام‌شده است،
۴) داده‌ها در سامانه اطلاعات مکانی مدیریت شده است،
۵) نقاط داده‌شده ابتدا مشتق شده و سپس در محیط سه‌بعدی تولیدی توسط اتوکد و فتومدلر مجسم گردیده و موردبررسی قرار گرفته است،
۶) یک مدل سطحی بافتی از محیط در یک پنجره برای داده‌ها تعبیه‌شده است،
۷) تمام عکس‌ها به یک پوشه بنام پوشه ویندوز واردشده و سپس برای از بین بردن عکس های ضعیف موردبررسی قرار گرفتند و همچنین برای اطمینان از پوشش مورد نیاز از هر طرف از این شیء موردبررسی قرار گرفت.

۵- تشکیل مدل سطحی سه‌بعدی رقومی

برای داشتن دید مناسب و رضایت‌بخش به‌شکل گرافیکی رقومی (رستری) از یک شیء که آثار باستانی و میراث فرهنگی می‌باشد، توضیحات و اطلاعات کامل از سطح جسم مورد نیاز است. این بدان معنی است که تفسیر بیشتری از اجزاء جسم باید به اطلاعات قبلی که جنبه تکمیلی دارد و اطلاعات توپولوژیکی نامیده می‌شود، اضافه و تلفیق گردد. بدین منظور ترجیح داده می‌شود که برای تفسیر تشکیل مدل از تکنیک (تین) که بعداً توضیح داده خواهد شد، استفاده شود. زیرا برای پردازش بیشتر نیازی به تفسیر نقاط به‌دست‌آمده از رئوس جسم وجود ندارد. اتوکد تمام مختصات رئوسی که در حال حاضر ذخیره‌شده را از یک

[1] Intergarph MicroStation (Bentley)

[2] Socet Set

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-13]

[DOI: 10.29252/jgit.5.4.1]

فایل متنی به‌نام (چندضلعی سه‌بعدی) می‌خواند. سپس اتصال این رئوس به‌طور خودکار به‌عنوان چندضلعی بسته و به فرم سطوح مسطح و صاف که نقطه ابتدائی هر چندضلعی به نقطه انتهائی آن متصل است، انجام می‌گیرد. فایل های اسکریپت[1] شامل لیست تمام صفحات مسطح که سطح بیرونی جسم را تشکیل می‌دهد، خواهد بود. تمام رئوسی که مختصات آن ها به‌عنوان نقاط سه‌بعدی ذخیره‌شده‌اند بیانگر یک سطح صاف از سطوح جسم مورد نظر خواهد بود که در این پروژه به مدل تبدیل می‌گردد. مدل سطحی سه بعدی حاصل قابلیت مشاهده، دستکاری ویرایش را خواهد داشت و محیط اتوکد می‌تواند مدل‌سازی سطح را فراهم می‌کند.

با توجه به پروژه مجسمه یادبود هانتر، این نگاه قابل‌توجه است که مهندسی معکوس ابزاری است که ابر نقطه می‌تواند مدل سطحی را تولید نماید. اما نویسنده مقاله تنها دریچه‌هایی که توسط اتوکد ارائه می‌شود را موردپژوهش قرار داده است. بررسی مدل های بیشتر را از طریق آرک جی‌آی‌اس[2] یا مایکرو استیشن جهت اسکن سریع ابر نقطه، در برنامه تحقیقاتی بعدی نویسنده قرار دارد. ساختن، به‌وجود آوردن و احیای دقیق بخش های بین رفته ساختمان یا کل میراث فرهنگی با این نسخه ها و کار با ابزارهای اتوکد به‌اندازه گیری‌های دقیق در فضای سه بعدی که مناسب برای بازسازی است خواهد انجامید. با وجود این، تحقیقات مقدماتی برای استخراج داده‌ها از طریق نرم‌افزار فتومدلر در این مقاله صورت گرفته است.

۶- پیوندهای پروژه

فرمت‌های واسط مانند فایل‌های دی‌اکس‌اف (*DXF*[3]) و متنی برای اتصال و تلفیق برنامه‌های مختلف استفاده می‌شوند. در نتیجه؛ *(OLE*[4]*)* را می‌توان به‌دست آورد. فرمت‌های *DXF* و فایل متنی، پشتیبانی از برنامه در حال اجرا خارجی (*REP*[5]) را برای پیوند میان برنامه‌های مختلف، ازجمله اتوکد، *(SOCET SET)* ، (فتومدلر)، آرک‌ویو[6] و اکسل را به‌عهده دارند. بنابراین، یک شیء ایجادشده توسط اتوکد می‌تواند به‌عنوان یک شیء *OLE* مورد استفاده قرار گیرد. برنامه مقصد، یک سند ترکیبی را ایجاد می‌کند که اشیای *OLE* ایجادشده با برنامه را می‌پذیرد. لینک *OLE* یک یا چند سند پیچیده و اطلاعات را به برنامه‌های دیگر صادر می‌کند. همچنین امکانات برنامه در حال اجرای خارجی اتوکد می‌تواند برای دسترسی به اطلاعات پیچیده‌تر و تخصصی مانند اسناد، متون، نمودارها، عکس‌ها و غیره استفاده شود. بسیاری از بسته‌های *CAD* نظیر رندر کردن می‌توانند متن‌های داده، نمودارها، عکس‌های دیجیتالی و فایل‌های داده *DXF* را برای اندازه‌گیری دقیق‌تر در برنامه‌های *(A / AIS)* وارد کنند.

قابلیت *OLE* می‌تواند مدل سطح رقومی ایجادشده را از اتوکد برای پردازش بیشتر صادر کند. به‌عنوان‌مثال، اورتومدل می‌تواند برای اندازه‌گیری دقیق‌تر در برنامه‌های (سوست- ست) و فتومدلر استفاده شود. باید دانست که فایل‌های صادراتی در فرمت‌های *(DWF، JPEG* و *3DS)* نیز می‌توانند (در فرمت فایل *HTML*) برای دانلود و بازسازی تصاویر توسط دیگران برای اهداف آینده به وب صادر شوند.

نتیجه یکپارچگی بین فتوگرامتری رقومی زمینی استخراج‌شده از برنامه فتومدلر و نرم‌افزار اتوکد به‌صورت مدل سیم قاب رشته‌ای[7] است. در این توسعه، پلیگون سه‌بعدی ایجاد گردیده و بخشی از این (به‌عنوان نمونه) در جدول (۲) نشان داده شده است. تمام رأس‌ها را می‌توان به‌عنوان یک فایل اسکریپت

[1] 3dpoly.scr
[2] ArcGIS
[3] Data eXchange Format

[4] Object Linking and Embedding
[5] Run external program
[6] ArcView
[7] Wire-frame Model

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-13]
[DOI: 10.29252/jgit.5.4.1]

موردبررسی قرار داد که در اتوکد برای پردازش بیشتر در دسترس است. این فایل همچنین می‌تواند به‌عنوان مستندسازی آثار باستانی ذخیره شود.

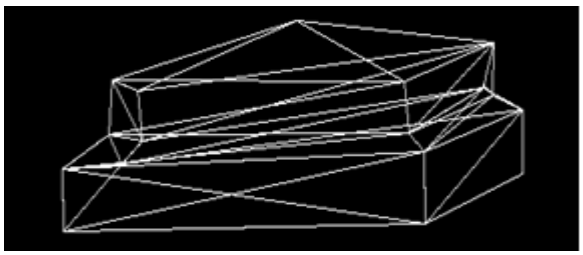
۷- استخراج داده‌ها و تجسم مدل‌های رقومی

داده‌های استخراج‌شده از *(A / AIS)* از نوع داده‌های رستری، بردار یا متنی هستند. استخراج فایل‌های ارتوفتو با استفاده از فرمت بدون فشردگی تیف *(TIFF[1])* ارائه می‌شود. استخراج داده‌های برداری با فرمت *DXF* تعداد زیادی خروجی با فایل‌های برداری در دسترس قرار می‌دهد. در نتیجه، یک فایل متنی از نقاط مختصات سه‌بعدی در طول فرآیند شکل می‌گیرد. آماده‌سازی یک فایل اسکریپت *(3dpoly.scr)* از نقاط سه‌بعدی ذخیره‌شده که به اتوکد واردشده است، تجسم قابل اندازه‌گیری ابعاد مورد نظر را تولید می‌کند. استخراج داده‌ها به‌عنوان خروجی این پروژه نشان می‌دهد که هر ۱۳ بسته رقومی (تصاویر رقومی) به‌دست‌آمده از دوربینی که هم‌راستا[2] نیز شده است در تولید نقاط ابری و تهیه مدل سطحی سه‌بعدی استفاده شده است. لیست برخی از این داده‌ها به شرح زیر است:

- نقاط سه‌بعدی[3]
- نقاط گره‌ای[4]
- سطوح سه‌بعدی و مسطح[5]
- ابر نقاط
- فایل‌های متنی و *DXF*
- تولید تراکم ابر نقاط
- تولید سطوح مش[6]
- ترکیب نمودن بافت‌ها
- تهیه ارتو موزاییک
- مدل قاب رشته‌ای[7]
- تشکیل شبکه‌های نامنظم مثلثی *(TIN[8])* از سطوح
- رندر کردن مدل
- مدل سه‌بعدی[9]
- مدل ارتفاعی رقومی *(DEM[10])*

۷-۱- شبکه بی‌نظیر مثلثی

برای مجسم کردن یک اثر باستانی و معماری، توصیف دقیق از سطوح آن جسم به‌صورت هندسی لازم است. در این مورد باید از شبکه نامنظم مثلثی به‌نام شبکه مثلث‌های نامنظم که یک ساختار داده رقومی است و به‌اختصار *TIN* نامیده شده و در سیستم اطلاعات مکانی برای نمایش یک سطح از آن استفاده می‌گردد، بهره جست. دلیل ترجیح دادن استفاده از *TIN* برای مجسمه یادبود هانتر این است که برای پردازش بیشتر سطوح بیرونی یک جسم نیازی به درون‌یابی نبوده و این شبکه مثلث‌های نامنظم سطوح خارجی جسم از نقاط داده ثبت‌شده دقیقاً مشابه داده‌های اصلی ایجاد می‌شود. شکل (۱۰) مدل تشکیل‌شده از شبکه مثلث‌های نامنظم بالای قسمت میانی از مجسمه یادبود هانتر را نشان می‌دهد.



شکل ۱۰: مدل TIN بالای قسمت میانی از مجسمه یادبود هانتر

[1] Tagged Image File Format
[2] Aligned
[3] Vertices
[4] Tie Points
[5] Facets
[6] Mesh Faces
[7] Wire-frame Model
[8] Triangulated irregular network
[9] 3D Model
[10] Digital Elevation Model

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-13]
[DOI: 10.29252/jgit.5.4.1]

جدول ۲ : فایل گزارش‌شده از پلیگون سه‌بعدی برای مدل‌سازی از سطوح مجسمه یادبود هانتر

Polyline Layer:"0"

Space: Model space

Handle = 437

Closed space

First 3 points did not define a plane. No area calculated Vertex Layer: "0"

Space: Model space

Handle = 438

Space at point, X= 10.18 Y= 12.08 Z= -459.62

VERTEX Layer: "0"

Space: Model space

Handle = 439

Space at point, X= 10.18 Y= 12.08 Z= -459.62

Vertex Layer: "0"

Space: Model space

Press Entre to continue:

Handle = 43a

Space at point, X= 10.18 Y= 12.08 Z= -459.62

End Sequence Layer: "0"

Space: Model space

Handle=43b

Polyline Layer: "Default"

Space: Model space

Colour: 7 (white) Line type: "Bylayer"

Handle = 2a

Poly face mesh

Vertex Layer: " Default "

Space: Model space

Color: 7 (white) Line type: " Bylayer "

Handle = 2a3

Poly face vertex at point, x= 31.56 y= -25.88 z= -391.73

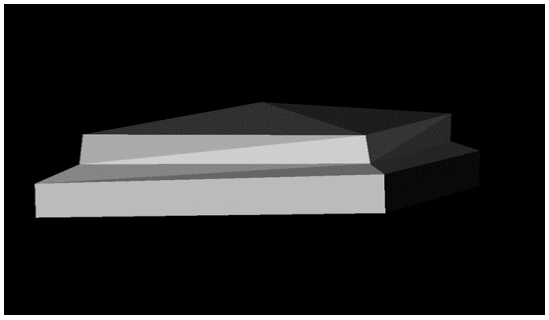
[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-13]

[DOI: 10.29252/jgit.5.4.1]

۷-۲- رندر کردن مدل رقومی

گرافیک کامپیوتری، پردازش تصاویری از اشیاء واقعی یا تخیلی از مدل‌های مبتنی بر کامپیوتر [۵] است، شامل رندر کردن و تصویرسازی از طریق تجسم علمی به تصاویر گرافیکی است. تصاویر رندر شده با استفاده از توابع مناسب در بسته اتوکد و نرم‌افزار فتومدلر تولید و فرایند تجسم انجام‌شده در این تحقیق شامل تولید نمایه‌های مجسمه یادبود هانتر بود. سخت‌افزار گرافیکی مدرن بسیاری از تکنیک‌ها و الگوریتم‌های برای پردازش تصویر واقعی را پشتیبانی می‌کند و راه را برای طیف وسیعی از برنامه‌ها باز می‌کند.

رندر کردن یک تکنیک برای تجسم مدل‌های رقومی است. برای بهبود تصور مدل سطح می‌توان جهت نور را تغییر داد. شکل (۱۱) رندر قسمت بالای ستون میانی مجسمه یادبود هانتر را نشان می‌دهد. فتومدلر همچنین می‌تواند موقعیت دوربین را برای برنامه‌هایی که از رندر پشتیبانی می‌کنند، صادر کند. این امر برای شناسایی جایی است که دوربین قرار دارد. بنابراین، کاربر همچنین می‌تواند یک مدل رندر شده از موقعیت دوربین را مشاهده کند.



شکل ۱۱ : نمایش مدل رقومی بالای ستون میانی مجسمه یادبود هانتر

۸- استخراج اطلاعات رقومی

فتومدلر توانست داده‌های مربوط به لایه‌های مختلف را در فضای اتوکد برای نشان دادن عناصر معماری، سطوح آسیب‌دیده و غیره عرضه کند. محتوای لایه‌ها و نمایه‌های آن‌ها (مانند رنگ‌ها، انواع خطها و غیره) و عملیات بین لایه‌ها بسته به برنامه‌های پیشنهادی، نمایه‌های مختلف یادبود هانتر به‌صورت جداگانه برای توسعه بیشتر مورد پردازش قرار گرفتند. اطلاعات بیشتر مانند لایه‌های ارتفاع و دامنه‌ها می‌توانند به‌طور مستقیم از مدل سطح تولید شده استخراج و به‌عنوان تصاویر کد رنگی نمایش داده شود. از این نمایش می‌توان برای نظارت بر نمایش‌های مختلف جسم استفاده نمود.

۹- تولید و استخراج مدل‌های رقومی

نقشه‌های بافتی در نمایش (چهره) انسان بسیار مهم هستند. بافت ضعیف به‌طور جدی از واقعیت تصویر منحرف می‌شود. یک روش که اخیرا" توسعه‌یافته و در کار گزارش‌شده و در اینجا موردبررسی قرار نگرفته است، شامل بافت تصویر لیزری است. لیزر اسکنر قادر به جمع‌آوری اطلاعات در مورد میزان شدت و همچنین فاصله می‌باشد و در نتیجه یک سطح با وضوح بالا برداشت می‌نماید. تصاویر اسکن شده با استفاده از یک اسکنر لیزری با وضوح بسیار بالا می‌توانند با استفاده از داده‌های فتوگرافی مشتق شده، اصلاح شوند [۳]. فایل‌های *DXF* که توسط واردکردن داده‌های فتوگرامتری مشتق شده به اتوکد ایجادشده است می‌توانند برای تولید مدل قاب سه‌بعدی استفاده شوند و تصاویر لیزری نیز می‌توانند رندر بافت را به یک مدل سه‌بعدی رقومی اضافه کنند.

داده‌هایی که می‌توانند از فتومدلر صادر شوند، داده‌های رستری، برداری یا متن هستند. فایل تولید شده، به‌صورت اورتوفتو را که با استفاده از فرمت *Tiff* فشرده‌شده می‌توان به دلیل گستردگی کاربرد و شناسایی آن در نرم‌افزارهای مختلف پیشنهاد نمود. (به‌عنوان‌مثال این تنها فرمتی است که می‌تواند " *Hot Linked*" را به *ArcView* تبدیل کند).

در فتومدلر نسخه ۷، فایل‌های خروجی موجود و در دسترس وجود دارد. مدل‌های سه‌بعدی رقومی که توسط فتومدلر تولید می‌شوند، می‌توانند به یک برنامه

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-13]
[DOI: 10.29252/jgit.5.4.1]

دیگر صادر شوند. برای مثال یک برنامه *(CAD-PMP)*، مدل‌های سه‌بعدی خود را در یک سیستم هماهنگ تولید می‌کند. هنگامی‌که یک مدل سه‌بعدی صادر شود، نیاز به تبدیل دارد. مدل‌های ایجادشده می‌توانند در برنامه‌های دیگر با فرمت‌های سه‌بعدی زیر استفاده شوند:

- *(IGES _ XVRML _ OBJ _ 3DS _ DXF)* و در برنامه اتوکد با پذیرش استفاده از فرمت *DXF* تولید شده با نرم‌افزار فتومدلر را می‌توان با استفاده از ابزارهای موجود، دستکاری و رندر کرد.
- مرحله دوم مدیریت ارتباط ساختاری یا توپولوژیکی بین واژگان است. این روش شامل دسته‌بندی از طریق ابر نقاط و پیدا کردن توپولوژی سطح مورد نظر و بر اساس انتخاب نزدیک‌ترین نقطه ممکن است حفره‌های سطحی یا و کسل‌های سطح جسم را پیدا کند. فرض بر این است که عکس برداری پیشرفته، ازجمله کالیبراسیون دوربین، می‌تواند نتایج این تحقیق را بهبود بخشد.

نمایش مدل سه‌بعدی به‌صورت درخت هشت‌تایی به‌عنوان نتایج جدید، می‌تواند به‌آسانی مدل‌سازی سطحی اجسام را انجام دهد. این روش به مراتب راهی واقعی‌تر برای مدل کردن کامل شیء به جای مدل‌سازی چهره سطح می‌باشد. ازآنجائیکه فرایند تصحیح شده به صورت پیکسل به پیکسل در مقیاس اورتوفتو انجام می‌شود، یک مدل سطحی رقومی با وضوح بالا مورد نیاز است. این روش را می توان در حفاظت، برای تعیین اندازه و موقعیت ویژگی‌های آسیب‌دیده فرسوده آثار باستانی به‌کار برد. این تحقیق، جزئیات سه بعدی و تصاویر اورتوفتوئی از مجسمه یادبود هانتر ارائه کرده است. روش استفاده‌شده نتایجی رضایت‌بخش برای ضبط ، نمایش و بازسازی پی‌درپی بناهای معماری و تحلیل دیجیتالی آن‌ها به همراه دارد.

۱۰- بحث و نتیجه‌گیری.

تکنیک‌های فتوگرامتری مزایای بسیاری برای ثبت و ضبط، مستند نگاری و حفظ و نگهداری آثار باستانی، میراث فرهنگی و ابنیه‌های معماری دارد [۱]. واضح است که فتوگرامتری مجموعه‌ای از تصاویر استریو عالی از آثار هنری را ارائه می‌دهد، از این تصاویر می‌توان یک سطح همگن قابل نگهداری در فایل‌های نرم‌افزاری به‌صورت یک نمای کلی یا ساختاری ایجاد کردد. این سطح اغلب مستقل از سطح جزئیات است. کاربرد این‌گونه تکنیک‌ها، مزایای دیگری نیز دارد که عبارت‌اند از: افزایش کیفیت تصویربرداری رقومی، اطلاعات رقومی اصلاح و اعاده شده و درنهایت استخراج ویژگی‌های مورد نظر برای ایجاد مدل سه‌بعدی به‌کمک سامانه اطلاعات مکانی، ثبت و بایگانی بهتر در کامپیوتر و مشاهده این گونه بناها و مستندات ارزشمند فرهنگی و تاریخی. پیشنهاد می‌شود، با استفاده از فتوگرامتری رقومی به‌سرعت و پیش از فعالیت‌های دیگر سایت عملیات مانند ایجاد داربست، مدل سه‌بعدی دقیق تولید شود. در مقایسه با روش‌های سنتی و دستی نقشه‌برداری، حجم زیادی از داده‌های اولیه ثبت و با سرعت ضبط می‌شوند. بنابراین، می‌توان فرض کرد که برنامه‌های کاربردی در حوزه باستان‌شناسی می‌تواند به‌طور مشابه مفید باشد.

باستان‌شناسان نیاز به ایجاد برنامه‌های مدون به‌روز دارند. بسیاری از این کارها هنوز توسط روش‌های باستان‌شناسی سنتی انجام مانند قرار دادن یک شبکه مربع از متر انوار در هر منطقه حفاری و ضبط اطلاعات دقیق بر روی ویژگی‌های ضبط‌شده می‌شود. اما عکس‌های اصلاح‌شده در حال حاضر بیشتر در زمینه‌های باستان‌شناسی مورد استفاده قرار می‌گیرند، و از اواسط دهه یک هزار و نهصد و نود میلادی، باستان شناسان کاربرد فتوگرامتری رقومی زمینی را بیشتر مورد توجه قرار داده‌اند [۲]. اگرچه این روش به‌طور کلی یک برنامه معمولی نیست، اما فتوگرامتری رقومی برد کوتاه، در حال حاضر تبدیل به یکی از

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-13]

[DOI: 10.29252/jgit.5.4.1]

شناخته‌شده‌ترین برنامه‌های علوم فتوگرامتری در زمینه‌های خاص خصوصاً معماری و باستان‌شناسی شده است.

۱۱- پژوهش بیشتر و تحقیقات پیشنهادی

در سال‌های اخیر، پیشرفت فراوانی در فناوری اطلاعات و سایر امکانات جدید موجود برای باستان شناسان و معماران در راستای کاهش هزینه‌ها و افزایش اثربخشی صورت گرفته است. به‌عنوان‌مثال، فناوری جدید در حال حاضر به نقشه بردار اجازه می‌دهد تا داده های رقومی را مستقیماً به پایگاه داده مربوطه از ابزارهای فتوگرامتریک انتقال دهد و در فرمت مناسب برای مدیریت و تفسیر داده‌های سه‌بعدی در یکی از محیط‌های سیستم اطلاعاتی مکانی، مانند اتوکد، آرک جی‌آی‌اس و غیره بهره برد.

مهندسان نقشه‌بردار و ساختمانی، باستان شناسان و معماران نیاز به اطلاعات دقیق دارند. تکنیک‌های فتوگرامتری رقومی برد کوتاه به کمک ابزارهای دقیق اندازه‌گیری و ویژگی‌های عکاسی توانسته است نتایجی با دقت ۴ میلی‌متر تولید نموده و با بایگانی اطلاعات به روز، یک سیستم اطلاعاتی مکانی ایجاد کند. این به میزان قابل‌توجهی انعطاف‌پذیری استفاده از داده‌ها را افزایش می‌دهد، به‌طوری‌که می‌توان آن‌ها را در بسیاری از اشکال مختلف ازجمله خروجی به صورت ترسیم و یا به‌عنوان مدل سه‌بعدی در محیط اتوکد ترجمه و تفسیر کرد.

تکنیک‌های فتوگرامتری رقومی سهمی بسیار مهم در طراحی سیستم *A / AIS* ایجاد کرده‌اند. با اشاره به پیشرفت سریع که در تحقق داده‌های رقومی در ۳۵ سال گذشته اتفاق افتاده است، می‌توان پیش بینی کرد که داده‌های حاصل از دوربین‌های دیجیتالی، اطلاعات عکس‌های آنالوگ مبتنی بر فیلم را کاملاً از رده خارج خواهد کرد. با وجودی که این تحقیق برخی از تجربیات را در مورد امکان مدل کردن چهره‌ها و تجسم اشیاء معماری را ارائه می‌دهد، اما برای توسعه اثربخشی آن، لازم است تحقیقات بیشتری انجام شود. اگرچه یک کار بزرگ در تلفیق سیستم اطلاعات مکانی، کد و فتوگرامتری انجام شده است و چنین سیستم‌هایی به توان عملیاتی رسیده‌اند، اما شرایطی وجود دارد که مشاهدات غیر فتوگرامتریک برای پشتیبانی از داده‌های اسکن شده خصوصاً در نواحی‌ای که امکان انجام عکس‌برداری استریو وجود ندارد، مورد نیاز است.

بر اساس نتایج به‌دست‌آمده از این مقاله، نویسنده پیشنهاد می‌نماید که با استفاده از عکس‌برداری دیجیتالی، رقومی نمودن و یا اسکن از سطوح اجسام (حتی بدن انسان)، ورود تصاویر رقومی به سیستم ارائه‌شده در این مقاله و پردازش اطلاعات به مدل‌های سطحی سه‌بعدی که مورد نظر هدف است، دست‌یافت. سپس با بهره‌برداری مناسب از ساختار داده‌های رقومی استخراجی در راستای هدف مشخص‌شده گام برداشت. در این پژوهش، هدف نهائی مدل کردن مجسمه یادبود هانتر دانشگاه گلاسگو بود که در کار مستند نگاری دقیق و حفظ آثار باستانی مورد نظر باستان شناسان و معماران کاربرد دارد. در ادامه و به‌منظور اطلاع و پیشگیری از حوادث و خطراتی که درکمین یک شیء باستانی است و تا وقتی‌که نمود خارجی پیدا نکند نامحسوس است، از این روش استفاده کرد. برای این منظور، می‌توان دوربین‌های عکس‌برداری متعددی را در موقعیت‌های مناسب در اطراف شیء مورد نظر مستقر و ثابت نمود تا به‌طور خودکار در زمانه ای معین از سطوح آن شیء عکس‌های دیجیتالی بگیرند و این تصاویر دیجیتالی برای پردازش وارد نرم‌افزار معینی نظیر فتومدلر و اِی جی آی سافت فتواسکن[1] و دیگر نرم‌افزارهای مشابه، شده و مدل سطحی سه‌بعدی رقومی به‌وجود می‌آید. داده‌های استخراجی از مدل ساخته شده وارد نرم‌افزار دیگری مانند متلب[2] که می‌تواند نتایج

[1] Agisoft Photo Scan
[2] Matlab

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-13]
[DOI: 10.29252/jgit.5.4.1]

حاصله را به روش ساختار داده‌های درخت هشت تایی کدینگ نماید، می‌شود. ریشه این درخت در فضای ناهمگن یک گره خاکستری است و باید به روش بازگشتی به‌طور متوالی تقسیم گردند تا جایی که با دقت لازم به گره‌های برگ همگن (گره‌های به‌طور کامل خالی یا پر) تبدیل شوند. بدیهی است چنانچه تغییراتی در درون جسم رخ دهد، موجب دگرگونی در سطح بیرونی جسم شده و فضای همگن را به‌ناهمگن تبدیل و گره‌های خالی و پر سابق به گره‌های خاکستری تغییر شکل می‌دهند. این دگرگونی زنگ خطری است برای سازمان میراث فرهنگی، صنعت، پزشک معالج و غیره (حسب مورد)، که می‌تواند به‌وسیله یک سیستم هوشمند که مدل‌های تناوبی تشکیل‌شده را رصد و مقایسه می‌کند، نواخته شود.

مراجع

[1] Brunet et al., Octree Representation in Solid Modelling: In Progress in Computer Graphics, G. Zobrist (Ed.), Abblex Publication Company, 1989, pp. 164-215.

[2] Dallas, Architectural and Archaeological Photogrammetry, Chapter 10 in Close Range Photogrammetry and Machine Vision, K. B. Atkinson (Ed.), Whittles Publishing, 1996, pp. 283-302.

[3] D'Apuzzo, Digitization of the Human Body in the Present Day Economy, Videometrics VIII, proces. of SPIE-IS & T Electronuc Imaging, SPIE Vol 5665, San Jose, USA, J. A. Beraldin, S. F. El-Hakim, A. Gruen and J. S. Walton (Eds.), 2005, pp252-259.

[4] Eos Systems Inc., PhotoModeler User Manual, Version 4.0, Canada:Eos Systems Inc, 2000.

[5] Foley et al., Introduction to Computer Graphics, Addison-Wesley Publishing Company, 1990.

[6] Mackie, The University of Glasgow, 1451-1951, Jackson, Son & Company, 1954.

[7] Sinning-Meister et al., 3-D City Models for CAAD-Supported Analysis and Design of Urban Areas, ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, Vol. 51, 1996, pp. 196-208.

[8] Watt, D., Brown, D., 2001. "Java Collections: An Introduction to Abstract Data Types, Data Structures and Algorithms", John Wiley.www.amar.org.ir, Statistical Centre of Iran.

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-13]

[DOI: 10.29252/jgit.5.4.1]

K. N. TOOSI UNIVERSITY OF TECHNOLOGY
FACULTY OF GEODESY AND GEOMATICS ENGINEERING

Journal of Geospatial Information Technology
Vol.5, No.4, Winter 2018

The Proposed Algorithm for Modelling of Ancient Monuments and Cultural Heritage by using of Hyperspectral Images Data and Digital Terrestrial Photogrammetry

Seyed Yousef Sajjadi[1]

1- Assistant professor , Dep. Of Surveying Engineering, Tafresh University

Abstract

Geographical Information System (GIS) represent a highly relevant branch of information technology. GIS support the geospatial data import from a variety of sources, including imagery. An appropriate environment for providing the spatial information needed by architects working with historic buildings and archaeologists might be soft-copy photogrammetry coupled with, or linked to, GIS, forming an Archaeological/Architectural Information System (A/AIS). A reason for this relativity is simplicity of digital photogrammetry procedures, widespread knowledge and understanding of certain off-the-shelf GIS packages and the scarcity of personnel and equipment capable of performing hard-copy photogrammetric tasks.

Key words: 3D Modelling, Photography, Digital Photogrammetry, GIS, AutoCAD, A/AIS

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-13]

[DOI: 10.29252/jgit.5.4.1]

Correspondence Address : Photogrammetric Group, Department of Geomatics, School of Civil Engineering, University of Tafresh, Tafresh, Iran.
Tel : +98 86 3622 7659
Email: sajjadi@tafreshu.ac.ir